



**CYBER-PHYSICAL SYSTEM FINAL PROJECT REPORT
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
UNIVERSITAS INDONESIA**

DIGITAL THERMOSTAT

GROUP A4

ALTHAF NAFI ANWAR	2106634881
M FATHAN MUHANDIS	2106731623
MUHAMMAD FAJRI ALQOMARIL	2106651635
ZALFY PUTRA REZKY	2106731453

PREFACE

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena rahmat nya yang telah membantu kami dalam penyelesaian proyek Sistem Siber Fisik 2023 karena dengan bantuan-Nya saja lah maka makalah ini dapat diselesaikan.

Pada masa sekarang dimana teknologi semakin canggih dan membantu kita sehingga lebih efisien dalam bekerja. Berbagai teknologi ini yang sekarang mengelilingi kita membuat kualitas dari pekerjaan hidup manusia menjadi lebih baik dan kami berharap semoga dalam terbitnya proyek kami ini yaitu Digital Thermostat, dapat bermanfaat dalam pengukuran suhu ruangan dengan tingkat akurasi yang cukup baik..

Kami mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang sudah membantu dalam pembuatan proyek ini, baik dari orangtua kami yang telah mengizinkan maupun asisten laboratorium kami, Bang Michael yang telah ikut serta dalam membimbing kami agar proyek ini dapat disusun dan berjalan dengan baik. Selain itu, kami juga ingin mengucapkan terimakasih kepada para anggota kelompok A4 yang telah saling bekerja sama untuk keberhasilan penyusunan laporan ini.

Para penulis dalam laporan ini berharap agar para pembaca proyek ini bisa mendapatkan wawasan yang baru dan terbantu ketika proyek ini terbit, dan penulis juga berharap Group A4 juga dapat menambah skill mereka dalam pengembangan berbagai proyek mengenai Sistem Siber Fisik. Akhir kata kami sampaikan mohon maaf jika ada salah kata dalam penulisan laporan ini. Terimakasih.

Depok, 16 Mei 2023

Group A4

TABLE OF CONTENTS

CHAPTER 1.....	4
INTRODUCTION.....	4
1.1 PROBLEM STATEMENT.....	4
1.2 PROPOSED SOLUTION.....	5
1.3 ACCEPTANCE CRITERIA.....	6
1.4 ROLES AND RESPONSIBILITIES.....	6
1.5 TIMELINE AND MILESTONES.....	7
CHAPTER 2.....	8
IMPLEMENTATION.....	8
2.1 HARDWARE DESIGN AND SCHEMATIC.....	8
2.2 SOFTWARE DEVELOPMENT.....	9
2.3 HARDWARE AND SOFTWARE INTEGRATION.....	11
CHAPTER 3.....	12
TESTING AND EVALUATION.....	12
3.1 TESTING.....	12
3.2 RESULT.....	12
3.3 EVALUATION.....	13
CHAPTER 4.....	14
CONCLUSION.....	14

CHAPTER 1

INTRODUCTION

1.1 PROBLEM STATEMENT

Dalam kehidupan sehari-hari, pengaturan suhu ruangan sangat penting untuk kenyamanan dan efisiensi energi. Di Indonesia, sistem pengaturan yang tersentralisasi seperti itu masih jarang sekali digunakan. Terlebih lagi sistem pengaturan suhu konvensional seringkali tidak cukup akurat dan dapat menghasilkan konsumsi energi yang tidak perlu. Oleh karena itu, pengembangan *Digital Thermostat* yang efisien dan mudah digunakan adalah sebuah proyek yang penting dan akan berguna bagi banyak kalangan.

Termostat adalah alat yang digunakan untuk mengontrol suhu ruangan atau lingkungan tertentu. Thermostat dapat membantu mengatur suhu di rumah, kantor, atau bangunan lainnya sehingga suhu dapat diatur sesuai kebutuhan. Seiring dengan kemajuan teknologi, thermostat analog telah berkembang menjadi thermostat digital.

Thermostat digital adalah termostat yang menggunakan layar digital untuk menampilkan suhu dan dapat diatur secara elektronik. Thermostat digital memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan thermostat analog, seperti akurasi yang lebih baik dalam pengaturan suhu dan kemampuan untuk mengatur suhu dengan lebih presisi. Selain itu, thermostat digital juga lebih mudah digunakan dan dapat diprogram untuk mengatur suhu pada waktu tertentu.

Selain efektivitas dan kemudahan penggunaan, thermostat digital juga dapat membantu menghemat energi dan biaya. Thermostat digital dapat diprogram untuk mengatur suhu sesuai dengan jadwal penggunaan ruangan. Misalnya, saat pengguna sedang tidak berada di rumah atau sedang tidur, suhu dapat diturunkan agar tidak terlalu dingin dan menghemat energi. Hal ini dapat membantu pengguna mengurangi tagihan listrik dan juga membantu menjaga lingkungan.

1.2 PROPOSED SOLUTION

Digital Thermostat ini merupakan sebuah sistem kontrol suhu yang menggunakan mikrokontroler sebagai inti pengontrolannya. Dalam sistem ini, sensor suhu DHT11 digunakan untuk melakukan pengukuran suhu saat ini dan juga suhu target. Setelah data suhu didapatkan, data tersebut kemudian dikirim melalui koneksi serial dan ditampilkan pada display digital. Dengan cara ini, pengguna dapat dengan mudah melihat suhu ruangan saat ini dan target suhu yang diinginkan.

Selain itu, Digital Thermostat dilengkapi dengan pengatur suhu yang dapat dioperasikan menggunakan potensiometer sebagai knob. Ketika pengguna memutar knob pengatur suhu, sensor suhu akan membaca data suhu saat ini dan data suhu target. Kemudian, mikrokontroler akan membandingkan data tersebut dan mengirimkan sinyal ke valve actuator untuk memberi tanda bahwa terjadi perubahan suhu. Valve actuator dalam sistem ini diimplementasikan dengan menggunakan mini servo SG90, yang akan menerima sinyal dari mikrokontroler dan menggerakkan valve ke posisi yang sesuai.

Dengan menggunakan potensiometer sebagai knob dan mini servo SG90 sebagai valve actuator, Digital Thermostat diharapkan dapat memberikan kontrol suhu yang akurat. Selain itu, dengan tampilan suhu pada display digital, pengguna dapat dengan mudah melihat suhu ruangan dan mengatur suhu yang diinginkan dengan mudah. Sistem ini cocok digunakan pada berbagai jenis ruangan, seperti ruang tamu, kamar tidur, kantor, ataupun ruang laboratorium.

Proyek ini bertujuan untuk menciptakan solusi pengaturan suhu ruangan yang akurat, efisien, dan mudah digunakan untuk memaksimalkan kenyamanan pengguna dan mengurangi konsumsi energi yang berlebihan. Dengan adanya pengukuran suhu yang akurat dan tampilan suhu pada display digital, pengguna dapat dengan mudah mengetahui suhu saat ini dan mengatur suhu yang diinginkan melalui potensiometer sebagai knob. Selain itu, dengan penggunaan mini servo SG90 sebagai valve actuator, sistem ini dapat mengontrol valve secara akurat untuk mencapai suhu yang diinginkan.

Dengan demikian, proyek ini juga diharapkan dapat menginspirasi pengembangan teknologi yang lebih baik di masa depan untuk membantu menjaga lingkungan hidup yang lebih sehat dan berkelanjutan.

1.3 ACCEPTANCE CRITERIA

Berikut beberapa kriteria penerimaan yang digunakan untuk proyek *Digital Thermostat* menggunakan Arduino ATMega328P:

1. Mampu merancang dan membangun rangkaian *Digital Thermostat* dengan menggunakan Arduino ATmega328P.
2. Mampu merancang antarmuka pengguna yang intuitif dan mudah digunakan.
3. Mampu melakukan pengukuran suhu dengan sensor DHT11.
4. Mampu menampilkan bacaan suhu saat ini dan suhu target pada MAX7219 7-segment display.
5. Mampu melakukan pengujian yang menghasilkan pembacaan yang akurat dan responsif terhadap perubahan suhu pada *Digital Thermostat*.
6. Mampu menyusun laporan proyek yang komprehensif dengan penjelasan rinci tentang desain, implementasi, dan hasil pengujian dari solusi *Digital Thermostat*.

1.4 ROLES AND RESPONSIBILITIES

Berikut peran dan tanggung jawab yang ditugaskan untuk setiap anggota kelompok.

Peran	Tanggung Jawab	Anggota
Menyusun Rangkaian Fisik	Role 1 responsibilities	Althaf
Mengembangkan Skematik	Role 2 responsibilities	Fathan, Althaf
Menyusun Laporan Proyek Akhir	Role 3 responsibilities	Fajri, Zalfy, Fathan, Althaf
Menyusun PPT	Role 4 responsibilities	Althaf, Fathan, Fajri, Zalfy

Table 1. Roles and Responsibilities

1.5 TIMELINE AND MILESTONES

CHAPTER 2

IMPLEMENTATION

2.1 HARDWARE DESIGN AND SCHEMATIC

Suhu ruangan akan dikontrol menggunakan potensiometer sebagai knob. Selain itu, akan ada pembacaan suhu ruangan dari sensor DHT11 yang terpasang, dan akan mentransmisikan data ke Arduino. Pembacaan suhu saat ini dan suhu target akan ditampilkan pada 7-Segment Display. Kontrol suhu juga akan mempengaruhi mini servo SG90 yang menunjukkan perintah perubahan suhu dari potensiometer.

Untuk menerapkan sistem ini, komponen *hardware* berikut akan diperlukan:

1. Mikrokontroler: Mikrokontroler digunakan sebagai inti pengontrol sistem, dan pada kasus ini akan digunakan Arduino Uno.
2. Sensor DHT11: Sensor DHT11 akan digunakan untuk mengukur suhu ruangan yang dibutuhkan untuk mendisplay pembacaan temperatur ruangan.
3. MAX7219 7-Segment Display: MAX7219 7-Segment Display akan digunakan untuk menampilkan suhu saat ini yang merupakan data bacaan dari sensor DHT-11 dan suhu target yang dikendalikan oleh sebuah knob (*potensiometer*).
4. Potensiometer: Potensiometer akan digunakan sebagai knob untuk mengontrol target suhu ruangan.
5. Mini Servo SG90: Mini servo SG90 akan digunakan untuk indikator penanda suhu (*target*) yang diatur melalui potensiometer.

Pengimplementasian dari Termostat ini adalah dengan memasang sensor DHT11 untuk mengukur suhu ruangan dan mentransmisikan data ke Arduino. Kemudian terdapat potensiometer sebagai knob kontrol untuk kontrol suhu target dan menyambungkannya dengan mikrokontroler ATMega328P untuk menampilkan data suhu *target* pada Max7219 7-Segment Display. Mengimplementasikan mini servo SG90 untuk menjadi penanda bahwa terjadi perintah perubahan suhu dari potensiometer atau knob yang diputar.

Selain sebagai ketentuan dari proyek akhir, untuk proyek ini Arduino Uno merupakan pilihan yang tepat untuk digunakan karena fitur yang dimilikinya. Untuk mengirim data dari mikrokontroler ke display 7-segment yang dikontrol oleh MAX7219 dibutuhkan koneksi

serial dengan protokol SPI, dan Arduino Uno memiliki kemampuan untuk SPI pada pin D10 hingga D13. Selain itu dengan memanfaatkan timer internal yang dapat dikonfigurasi, Arduino Uno memiliki kapabilitas untuk mengirim sinyal PWM yang dibutuhkan oleh servo SG90 untuk berputar. Arduino Uno juga dapat membaca sinyal analog seperti data dari potentiometer dengan mengkonversikannya menggunakan ADC (*Analog to Digital Converter*).

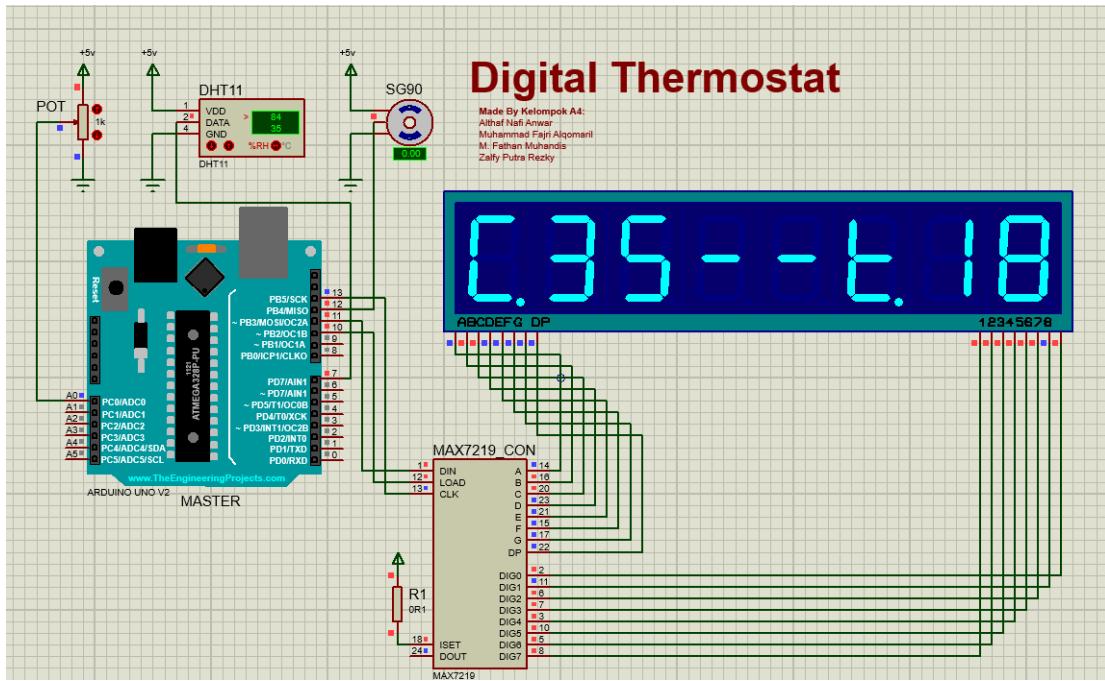


Fig 1. Proteus Schematic

2.2 SOFTWARE DEVELOPMENT

Jika dilihat secara keseluruhan proyek ini memiliki beberapa kebutuhan dan fitur yang perlu diimplementasikan pada *software*. Pertama-tama yaitu pembacaan data dari DHT11, dimana DHT11 mengirim data ke Arduino secara serial, sehingga yang perlu dilakukan adalah menunggu masing-masing data yang dibutuhkan (seperti *temperature* dan *humidity*), dan menerima data nya per-bit secara serial ke register yang telah ditentukan sebagai data register. Namun perlu diperhatikan bahwa memiliki sampling rate yang relatif lambat dibandingkan dengan sensor tipe lainnya, sehingga perlu diimplementasikan delay. Delay dapat diimplementasikan dengan menggunakan timer internal seperti timer0 ataupun timer dalam mode CTC agar didapatkan jumlah delay yang akurat. Pilihan lain adalah

memanfaatkan frekuensi dari mikrokontroler untuk menghitung iterasi yang dibutuhkan untuk mendapatkan delay sebesar t detik.

Selain itu, program harus bisa membaca data dari potensiometer dan mengkonversikannya ke digital menggunakan ADC. Saat data diterima dari ADC, nilai disimpan 10-bit disimpan pada register ADCH dan ADCL, dan sisanya pada ADCH. Pada program, akan digunakan *left-justified* yang menyimpan dua bit LSB pada ADCL. Hal tersebut dilakukan agar pemrosesan data dapat dengan mudah dilakukan hanya dengan 8-bit tanpa terlalu kehilangan banyak akurasi. Kemudian data tersebut yang awalnya ada dari range 0-1023 harus diubah menjadi range 16-31. Untuk mengubahnya, diperlukan aritmatika terhadap data yang diterima seperti pembagian dan perkalian. Selain unutk menampilkan data pada MAX7219, nilai dari potensiometer juga perlu diproses ke bentuk derajat agar dapat digunakan untuk servo SG90.

Telah disebut bahwa akan digunakan display 7-segment MAX7219 untuk menampilkan data-data yang diterima (*dari potensiometer dan DHT11*). Display tersebut menggunakan komunikasi SPI untuk bertukar data dengan mikrokontroler, dan memang Arduino memiliki pin yang harus dimiliki untuk menggunakan SPI (pin 10-13).

Komponen terakhir merupakan servo SG90 diimplementasikan untuk meniru fungsi dari sebuah valve actuator pada thermostat asli. Servo seperti SG90 biasanya membutuhkan sinyal PWM atau *Pulse Width Modulation* untuk mengatur kecepatan dan arah gerak. Masing-masing servo pastinya memiliki spesifikasi yang berbeda-beda, namun device yang dikontrol oleh PWM biasanya mengikuti beberapa aturan/kesepakatan. Pertama-tama adalah PWM dengan nilai 1500 atau gelombang dengan panjang 1500ms merupakan keadaan dimana servo akan diam dan nilai diatas (1500) dan di bawah (1500) biasanya akan menggerakan device dalam arah yang berbeda, dan spesifikasi pastinya dapat dibaca di datasheet. Untuk mendapatkan gelombang dengan panjang 1500ms tersebut, pada program digunakan timer untuk menset bit selama 1500ms dan menclear-nya setelah, dan untuk mendapatkan gelombang dengan panjang lain dapat diubah lama dari delay timer tersebut.

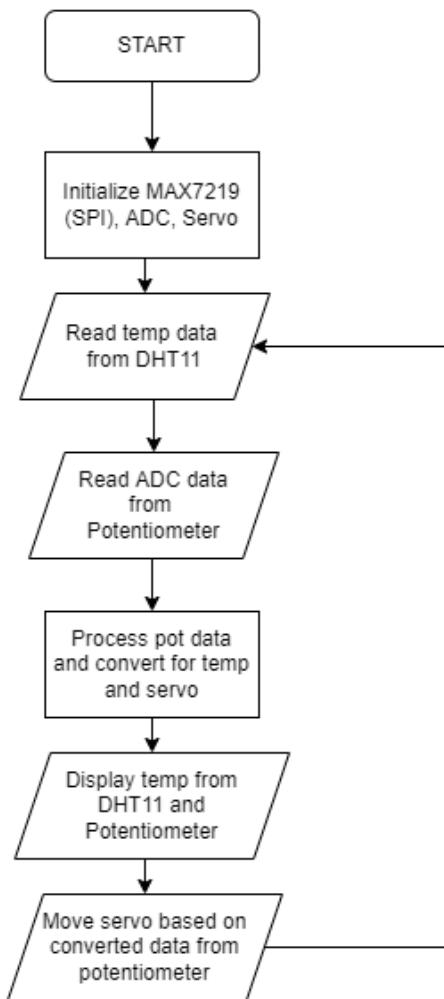


Fig 2. Flowchart

2.3 HARDWARE AND SOFTWARE INTEGRATION

Karena komponen yang digunakan tidak terlalu kompleks, sehingga tidak terlalu banyak kendala yang dihadapi saat penggabungan hardware dengan software. Penggabungan software dan hardware dilakukan pada akhir dari pengembangan hardware dan software dan merupakan tahap vital dalam pengembangan proyek akhir ini. Karena sebuah proyek seperti ini membutuhkan hardware untuk dirancang dengan benar dan software yang minim bug sehingga tidak menimbulkan error saat dijalankan pada hardware aslinya.

CHAPTER 3

TESTING AND EVALUATION

3.1 TESTING

Setelah dilakukan implementasi, pembuatan hardware, dan software, dilanjutkan dengan melakukan percobaan. Percobaan yang dilakukan adalah untuk menguji program yang sudah dibuat dengan software Arduino IDE dan mengimplementasikan pada rangkaian mikrokontroler Arduino ATMega328P. Dimana mikrokontroler tersebut sudah dirangkai dengan komponen-komponen yang dibutuhkan, antara lain Sensor DHT11, MAX7219 7-Segment Display, Potensiometer, dan juga Mini Servo SG90.

3.2 RESULT

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, terdapat hasil pengimplementasian yang diharapkan. 7-Segment Display menunjukkan angka pengukuran suhu saat ini dan juga suhu target yang diinginkan oleh pengguna, dimana suhu target tersebut dapat diatur dengan mengatur knob yang ada pada rangkaian. Selain itu, knob yang telah diatur dapat menggerakkan mini servo untuk menunjukkan posisi suhu target yang diinginkan.

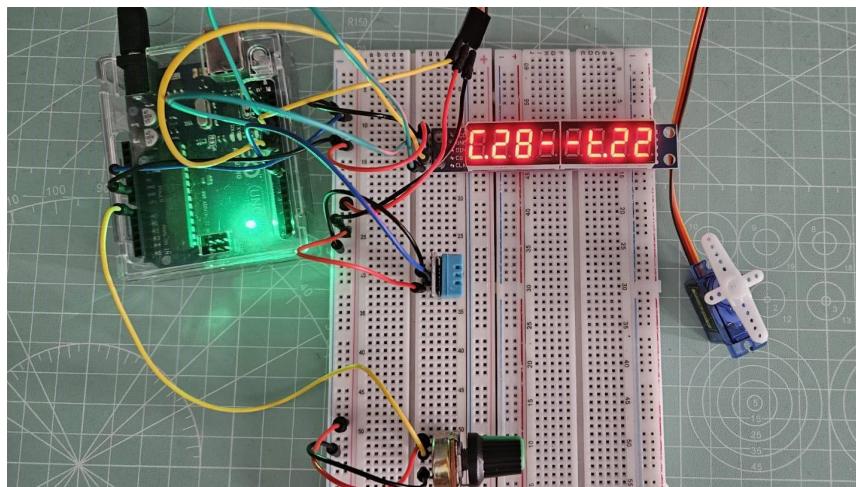


Fig 3. Testing Result

Dengan gambar rangkaian hasil percobaan diatas, dapat dilihat bahwa percobaan Digital Thermostat berhasil diimplementasikan. 7-Segment Display akan menampilkan angka pengukuran suhu saat ini secara akurat dengan hasil informasi dari DHT11. Selain itu, display tersebut juga akan menampilkan secara jelas suhu target yang diinginkan oleh pengguna, yang dapat dengan mudah diatur menggunakan knob pada rangkaian. MAX7219 7-Segment Display akan memiliki beberapa digit dimana setiap digit akan dinyalakan untuk mewakili nilai numerik tertentu, sehingga pengguna dapat dengan jelas membaca pengukuran suhu.

Kemudian, knob yang dapat diatur yang terintegrasi dalam sistem ini akan berfungsi sebagai mekanisme kontrol yang intuitif. Ketika knob diputar, nilainya akan mengubah resistansi dalam rangkaian, memungkinkan pengguna mengatur suhu target yang diinginkan dengan presisi. Penyesuaian ini akan langsung terlihat pada MAX7219 7-Segment Display, memberikan umpan balik langsung kepada pengguna.

Selain itu, gerakan knob akan terhubung dengan mini servo SG90 yang akan menunjukkan secara visual posisi suhu target yang diinginkan. Saat knob diputar, mini servo akan berputar sesuai serta sejajar dengan pengaturan suhu yang ditentukan pada display. Interaksi dinamis antara knob dan servo ini akan meningkatkan pengalaman pengguna dengan menyediakan representasi yang konkret dan intuitif dari proses pengendalian suhu.

Kendala yang dihadapi ada pada proteus dimana servo tidak berjalan dengan semestinya. Kode yang sama dengan rangkaian yang sama sudah dicoba pada wokwi dan menggunakan rangkaian asli, dan berhasil.

3.3 EVALUATION

Dikarenakan penggunaan komponen sensor DHT11 yang tidak menggunakan pengimplementasian interrupt, maka saat menggerakkan knob dengan hasil yang tertampil pada display terdapat delay yang cukup membutuhkan waktu yaitu sekitar 1 detik. Kemudian untuk penggunaan komponen MAX7219 7-Segment Display yang tidak cukup mencakup banyak informasi digital, menyebabkan terbatasnya karakter yang dapat ditampilkan. Terakhir, untuk potensiometer atau knob memiliki intuitif yang kurang memungkinkan umpan balik secara tangkas ketika mengatur suhu yang diinginkan .

CHAPTER 4

CONCLUSION

Secara keseluruhan, implementasi sistem ini akan memberikan solusi pengendalian suhu yang mudah digunakan dan akurat bagi pengguna. Melalui integrasi MAX7219 7-Segment Display dan knob Mini Servo SG90 yang dapat disesuaikan, pengguna dapat mengharapkan pengukuran suhu yang akurat, penyesuaian target suhu yang mudah, serta tampilan visual yang menarik dari pengaturan suhu yang diinginkan. Desain sistem ini memastikan tampilan yang optimal dengan digit yang sesuai, sementara mekanisme pengendalian yang memungkinkan user menerima sebuah respons dapat meningkatkan pengalaman pengguna secara keseluruhan. Dengan fitur-fitur yang digabungkan, sistem pengendalian suhu ini menawarkan solusi yang andal dan nyaman untuk berbagai aplikasi.

Dengan demikian, proyek ini juga diharapkan dapat menginspirasi pengembangan teknologi yang lebih baik di masa depan untuk membantu menjaga lingkungan hidup yang lebih sehat dan berkelanjutan. Selain itu, mengingat evaluasi yang didapatkan, kami berharap untuk dapat merancang sebuah proyek yang memiliki fungsionalitas dan value yang mirip akan tetapi dengan pengalaman pengguna yang lebih baik.

REFERENCES

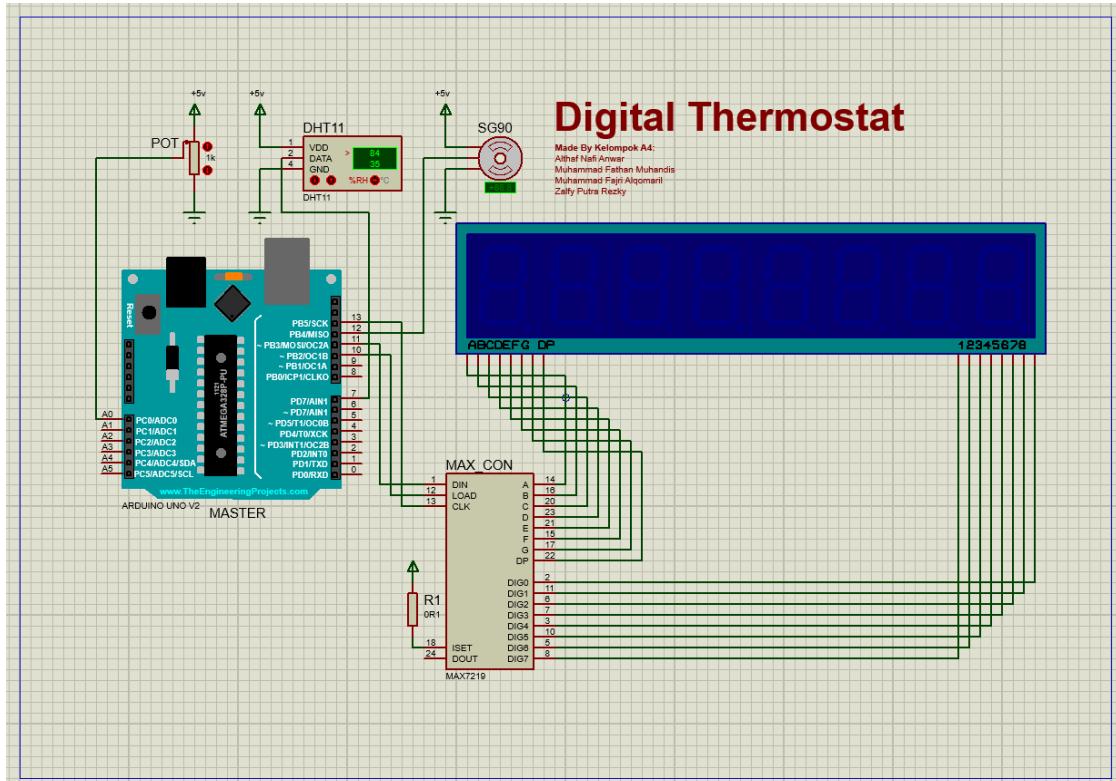
- [1] M. Ali Mazidi, Sarmad Naimi, Sepehr Naimi, "The AVR Microcontroller And Embedded System", PearsonHighered, 2011. [Online]. https://electrovolt.ir/wp-content/uploads/2017/02/AVR_Microcontroller_and_Emmbeded_Electrovolt.ir_.pdf [Accessed: May. 11, 2023]
- [2] Michael H. and M. Naufal Faza, "Modul 2 SSF_ Introduction to Assembly _ I_O Programming.pdf," Digital Laboratory, 2023. [Online]. Available: <https://drive.google.com/file/d/1SKbAT6UcVeqd1DIsgLHHOOBqCowtaCM2/view>. [Accessed: May. 11, 2023]
- [3] Michael H. and M. Naufal Faza, "Modul 3 SSF- Analog to Digital Converter.pdf," Digital Laboratory, 2023. [Online]. Available: <https://drive.google.com/file/d/1PbClp0rLUi6FmRwRomEb6vhrCW4ikOx8/view>. [Accessed: May. 11, 2023]
- [4] Michael Harditya, Muhammad Naufal Faza , "MODUL 4: SERIAL PORT " Digilab DTE UI. 2023. [Online]. Available: <https://drive.google.com/file/d/1ogViSf5M5mKvDctP4xe8R3ZgUZyWwekz/view>. [Accessed: May. 11, 2023]
- [5] Michael H. and M. Naufal Faza, "Modul 5 : Aritmatika," Digital Laboratory, 2023. [Online]. Available: https://emas2.ui.ac.id/pluginfile.php/3744582/mod_assign/introattachment/0/TP%20Modul%205%20SSF.pdf?forcedownload=1. [Accessed: May. 11, 2023]
- [6] Michael H. and M. Naufal Faza, "Modul 6: Timer," Digital Laboratory. [Online]. Available: https://emas2.ui.ac.id/pluginfile.php/3754317/mod_resource/content/1/Modul%206%20SSF_%20Timer.pdf [Accessed: May. 11, 2023]
- [7] Michael H. and M. Naufal Faza, "Modul 9 SSF: Sensor Interfacing," Digital Laboratory, 2023. [Online]. Available: https://emas2.ui.ac.id/pluginfile.php/3797143/mod_resource/content/1/Modul%209%20SSF-%20Sensor%20Interfacing.pdf. [Accessed: May. 11, 2023]
- [8] Michael H. and M. Naufal Faza, "Modul 9 SSF: Sensor Interfacing," Digital Laboratory, 2023. [Online]. Available:

https://emas2.ui.ac.id/pluginfile.php/3797143/mod_resource/content/1/Modul%209%20SSF-%20Sensor%20Interfacing.pdf. [Accessed: May 11, 2023]

- [9] Anas Kuzechie, “Assembly via Arduino (part 16) - Programming MAX7219,” *YouTube*. Nov. 18, 2021 [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=lRXc-6K4Fl4&list=PL09ZAP7_T_LmlX5vctZV4PFfZwMNzjX1F&index=16. [Accessed: May 13, 2023]
- [10] Anas Kuzechie, “Assembly via Arduino (part 20) - DHT11 Data on MAX7219 Display,” *YouTube*. Dec. 02, 2021 [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=UjWbE2Q75ms&list=PL09ZAP7_T_LmlX5vctZV4PFfZwMNzjX1F&index=21. [Accessed: May 13, 2023]
- [11] Anas Kuzechie, “Assembly via Arduino (part 9) - ADC Decimal Value on LCD,” *YouTube*. Oct. 25, 2021 [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=wHhLtpEA5ws&list=PL09ZAP7_T_LmlX5vctZV4PFfZwMNzjX1F&index=10. [Accessed: May 13, 2023]
- [12] Anas Kuzechie, “Assembly via Arduino (part 26) - Servo Motor SG90,” *YouTube*. Dec. 27, 2021 [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=ZqbKUDZw6vM&list=PL09ZAP7_T_LmlX5vctZV4PFfZwMNzjX1F&index=27. [Accessed: May 13, 2023]

APPENDICES

Appendix A: Project Schematic



Appendix B: Documentation

